

УДК 669.053.2:669.74.1/782.001.76

Ю.Е.Харламов, Лю Ли, А.Н.Овчарук,
А.Ю.Таран, О.В.Замковой, В.Ю.Харламов

**ИННОВАЦИОННО-ИНВЕСТИЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
СХЕМ ПРОИЗВОДСТВА РАФИНИРОВАННЫХ
МАРГАНЦЕВЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ**

Анотація. Виконано аналіз сучасного виробництва рафінованих марганцевих ферросплавів і основних напрямків його вдосконалення. Показано, що основна тенденція розвитку даного напрямку базується на впровадженні технологічних схем рафінування розплавів продуванням в конвертерах або традиційними методами їх змішування з оксидними розплавами і їх інтенсифікації шляхом збільшення площі контакту реагуючих компонентів за рахунок інтенсивного їх перемішування або продувки інертними газами. Приведена технологічна схема, обладнання, його характеристики (постачальник - компанія Sinosteel JEMECO (КНР) для заводу з виробництва металевого марганцю силікотермічним способом.

Ключові слова: марганець металевий, проєкт, рафінування, технологічна схема, параметри печі, футерівка, токопідвід, екологія

Аннотация. Выполнен анализ современного производства рафинированных марганцевых ферросплавов и основных направлений его совершенствования. Показано, что основная тенденция развития данного направления базируется на внедрении технологических схем рафинирования расплавов продувкой в конвертерах или традиционными методами их смешивания с оксидными расплавами и их интенсификации путем увеличения площади контакта реагирующих компонентов за счет интенсивного их перемешивания либо продувки инертными газами. Приведена технологическая схема, оборудование и его характеристик (поставщик – компания Sinosteel JEMECO (КНР) для завода по производству металлического марганца силикотермическим способом.

Ключевые слова: марганец металлический, проект, рафинирование, технологическая схема, параметры печи, футеровка, токоподвод, экология.

Annotation. The analysis of modern production of refined manganese ferroalloys and the basic directions of its perfection is carried out. It is shown that the main trend of development of this direction is based on the introduction of technological schemes for refining melts by purging in converters or by traditional methods of mixing them with oxide melts and their intensification by increasing the area of contact of reacting components due to their intensive mixing or purging with inert gases. The technological scheme, the equipment of its characteristics (the supplier - the company Sinosteel JEMECO (China)), for the plant for the production of metallic manganese by the silicothermic method is given.

Key words: manganese metal, project, refining, technological scheme, furnace parameters, lining, current lead, ecology.

Несмотря на то, что в настоящее время развитие мировой экономики ориентировано на разработку и внедрение современных технологий получения новых материалов на базе наночастиц, IT-технологий, технологии 3d-принтер, электромобилестроение, возобновленные экологически безопасные источники энергии, создание инфраструктуры

повышенной комфортности и скоростей и т.д.ё металлургическая продукция и в дальнейшей перспективе останется основным конструкционным материалом развития цивилизации.

Так, с начала 3-го тысячелетия годовой объем мирового производства стали увеличился с 850 до 1670 млн.т и, по нашему мнению, через такой же период времени достигнет 2 млрд.т.

В настоящее время, в связи мировым экономическим кризисом, темпы роста производства стали несколько снизились, однако объем выплавки специальных марок сталей и сплавов возрастает, соответственно возрастает объем производства рафинированных марок марганцевых ферросплавов [1], занимающих ведущую позицию в общем объеме производства ферросплавов.

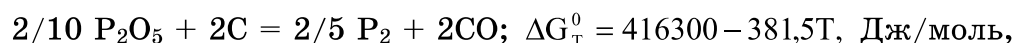
В последние годы на мировой рынок поставляется большое количество (свыше 1 млн.т) электролитического металлического марганца, основной объем которого производится в КНР (97,5%), а остальное в США. Однако, спрос на рафинированные марганцевые сплавы – металлический марганец, средне- и низкоуглеродистый ферромарганец, производимые в электропечах силикотермическим способом не снижается.

Кафедрой электрометаллургии Национальной металлургической академии Украины, имеющий большой опыт в разработке и совершенствовании технологических схем производства рафинированных сплавов [2-5] и ее структурным подразделением – НПФ «Техносплавы»^{x)} разработано технологическое задание (ТЛЗ) и технико-экономическое обоснование (ТЭО) строительства электрометаллургического комплекса для производства металлического марганца в объеме 33 тыс.т [6].

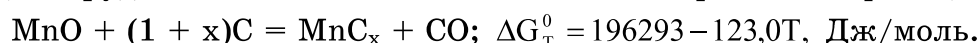
В проекте использована технология производства, существенно отличающаяся от общепринятой и действующей в Китае, Украине и других странах.

Данная технология основана на трехстадийной схеме производства металлического марганца (рис. 1).

Основной задачей первой стадии производства является получение высококачественного передельного марганцевого шлака с минимальным содержанием фосфора и железа, которое достигается за счет их полного восстановления по реакциям:



а также получение попутного металла, являющегося товарной продукцией и содержащий свыше 50% Mn, который параллельно восстанавливается в процессе рудовосстановительной плавки в электропечи по реакции:



Теоретическая температура начала восстановления оксидов Fe, P и Mn составляет 738°C, 820°C и 1324°C соответственно.

Первую стадию производства предусмотрено осуществлять в рудовосстановительной электропечи типа РКО-15. Характеристики основных технических показателей приведены в таблице 1.

^{x)} Совместно с разработчиком и поставщиком комплекса электротермического оборудования китайской компанией Sinosteel JEMECO.

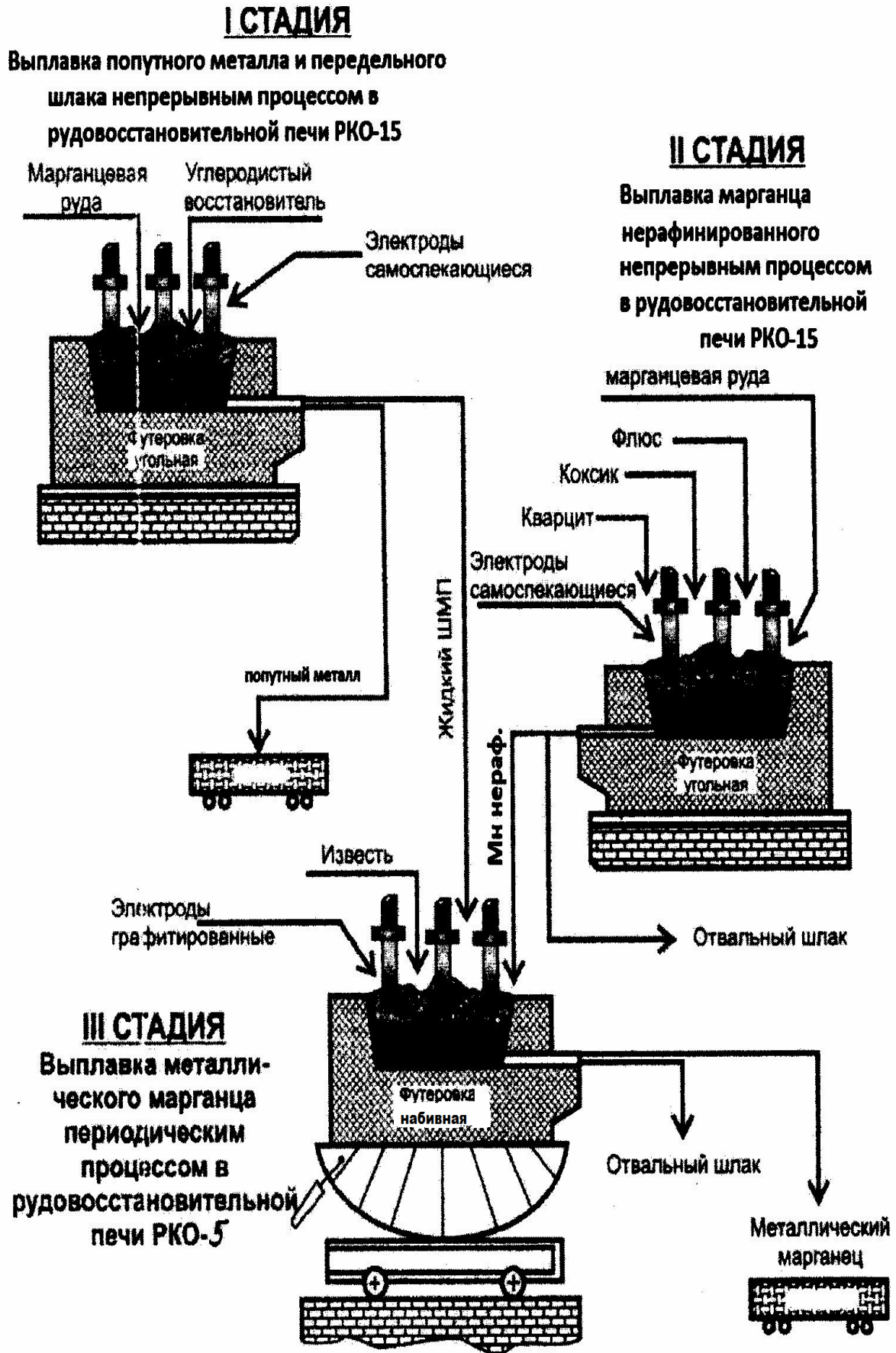


Рисунок 1 – Технологическая схема производства марганца металлического

На второй стадии предусмотрено, используя высококачественный передельный бесфосфористый и безжелезистый шлак углеродовосстановительным процессом в рудовосстановительной печи типа РКО-15, производить нерафинированный низкофосфористый, низкоуглеродистый и высококремнистый (30-32% Si) сплав, который предусматривается рафинировать на третьей заключительной стадии. Особенностью этой стадии является использование флюса и восстановителя с минимальным содержанием фосфора и железа, основных вредных примесей марганца металлического.

Получение марганца металлического осуществляется в рафинировочной электропечи с установленной мощностью трансформатора 5 МВ·А (таблица 2).

Основные технические характеристики печей РКО-15 и РКО-5 приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Характеристики печей РКО-15 МВ·А

Наименование параметров	Единица измерения	Величина
1. Мощность печи	МВ·А	15
2. Тип электродов	Самоспекающиеся	
3. Количество электродов	шт	3
4. Диаметр электрода	мм	1100
5. Ход электрода рабочий	мм	1200
6. Ход электрода полный	мм	1500
7. Скорость перемещения электрода	м/мин	0,2-0,7
8. Диаметр распада электродов	мм	2800
9. Диаметр ванны печи	мм	6100
10. Глубина ванны	мм	2750
11. Диаметр кожуха ванны	мм	8600
12. Высота кожуха ванны	мм	4750
13. Количество леток	шт	1
14. Высота оси летки над подиной	мм	100
15. Диаметр зонта	В габаритах кожуха ванны	
16. Высота зонта (не более)	мм	2000
17. Количество печных бункеров	шт	12
18. Количество труботечек на зонте	шт	10
19. Диаметр центральной труботечки	мм	530 x 16
20. Диаметр средних труботечек	мм	426 x 16
21. Диаметр периферийных труботечек	мм	426 x 16
22. Количество газоотводных патрубков	шт	2
23. Установленная мощность трансформатора	кВА	5000 x 3 шт
24. Первичное напряжение трансформатора	кВ	110
25. Вторичное напряжение трансформатора	В	115 – 193 (19 ст.)
26. Максимальный рабочий ток в электроде	А	63680
27. Номинальная частота тока	Гц	50
28. Напряжение оперативных цепей	В	220/380

Характеристики печей РКО-5 МВ-А

Наименование параметров	Единица измерения	Величина
1. Мощность печи	МВ·А	5
2. Тип электродов	графитированные	
3. Количество электродов	шт	3
4. Диаметр электрода	мм	400
5. Ход электрода	мм	2350
6. Скорость перемещения электрода 2 режима:		
«медленно»	мм/сек	3-6
«быстро»	мм/сек	30
7. Диаметр распада электродов	мм	1250
8. Диаметр ванны печи	мм	3100
9. Глубина ванны	мм	1490
10. Диаметр кожуха ванны	мм	5000
11. Высота кожуха ванны	мм	2670
12. Количество леток	шт	1
13. Количество печных бункеров	шт	5
14. Установленная мощность трехфазного трансформатора	кВА	5000
15. Первичное напряжение трансформатора	кВ	6
16. Вторичное напряжение трансформатора	В	202 – 322 (7ст.)
17. Номинальная частота тока	Гц	50
18. Напряжение оперативных цепей	В	220/380

Процесс рафинирования осуществляется за счет окисления кремния марганца нерафинированного оксидом марганца, содержащегося в силикатах марганца, передельного марганцевого шлака по реакции:



$$\Delta G_T^0 = -32018 + 141,78T, \text{ Дж/моль}$$

Новшеством финишной стадии получения марганца металлического электротермическим способом является то, что в данном проекте предусмотрено осуществлять его методом смешивания двух расплавов, удельный вес которых значительно различается. С целью интенсификации и полноты протекания процесса рафинирования и извлечения ведущего элемента в конечную продукцию необходимо увеличение поверхности контакта реагентов, что достигается за счет оснащения рафинировочной печи оборудованием, обеспечивающим интенсивное объемное перемешивание марганца нерафинированного и шлака передельного в двух плоскостях. Прогнозно это позволит повысить сквозное извлечение марганца на 10-15%.

Одной из проблем, снижающих эффективность электротермического производства марганца металлического, является низкая стойкость футеровки рафинировочных печей. Китайская компания Sinosteel JEMECO предусматривает футеровать рафинировочные печи набивной массой и гарантируют повышение ее стойкости в 2-2,5 раза.

Для обеспечения экологической безопасности и охраны окружающей среды, проектом предусматривается:

- строительство оборотного цикла водоснабжения;
- полная переработка и утилизация отвального шлака марганца нерафинированного и рафинировочного шлака в товарную продукцию;
- сухая газоочистка, обеспечивающая улавливание пылегазовой смеси на всех производственных участках со степенью ее очистки 99,9%.

Компания Sinosteel JEMECO, поставщик электротермического оборудования, является одним из крупнейших производителей руднотермических печей, печных трансформаторов с глубоким вводом и напряжением высокой стороны от 35 до 220 кВ, систем автоматизации и контроля [6]. Производственные мощности компании находятся в г. Цзилинь на северо-востоке Китая, которые состоят из 4 комплексов:

- машиностроительный,
- трансформаторостроительный,
- производство металлоконструкций,
- производство систем автоматизации и электрического контроля.

Наиболее оригинальной является система комбинированного производства с устройством перепуска электродов. Ее технические преимущества в следующем:

1. Простая структура токоведущих контактных элементов заменила громоздкие контактные щеки.

2. Контактные элементы применяются на самоспекающихся электродах различных диаметров за счет изменения количества элементов. Конструкция универсальна, что приводит к снижению количества комплектующих запасных частей.

3. Оболочка электрода не зажата в контактные щеки – отсутствуют проблемы с деформацией и задирами кожуха.

4. В процессе работы такая конструкция токоподвода позволяет снизить теплоперепад электрода и регулировать уровень спекания электрода.

5. Такой токоподвод снижает количество аварийных ситуаций и отгаров электродов.

Благодаря новой конструкции ребра кожуха электрода, прохождение тока по электроду более сбалансировано, способствует ускорению спекания электрода и избеганию возникновения аварий. Комбинированный токоподвод надежен в эксплуатации.

Система автоматики и управления РТП обеспечивает безопасность и надежность производственного процесса и позволяет повысить производительность, снизить расход электроэнергии и повысить эффективность работы оборудования.

Применяемая система мокрой и сухой очистки пылегазовой смеси обеспечивает высокую степень очистки газов (99,9%) и утилизацию пылей.

Выводы

Разработанная и заложенная в проект современная технологическая схема производства марганца металлического силикотермическим способом с использованием новейшего электротермического оборудования китайской компании Sinosteel JEMECO позволит повысить сквозное извлечение марганца в сплав на 10-15%, в 2-2,5 раза увеличить срок службы рафинировочной печи, обеспечить утилизацию вторичных материалов и решить вопросы охраны окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грищенко С.Г., Куцин В.С., Кравченко П.А., Кудрявцев С.Л. Ферросплавная промышленность мира и Украины в 2014-2015 годах. Сучасні проблеми металургії, Том 19, Випуск 1 (2016). Наукові вісті. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2016. С.279-285.
2. Гасик М.И. Физикохимия и технология электроферросплавов: учебник (для высш.учебн.зав.) / М.И.Гасик, Н.П.Лякишев. – Днепропетровск: Системные технологии, 2005. – 448 с.
3. Гаврилов В.А. Силикотермия марганца / В.А.Гаврилов, М.И.Гасик. - Днепропетровск: ГНПП «Системные технологии», 2001. – 512 с.
4. Сезоненко О.Н. Электротермический металлический марганец: учебн. пособие /Сезоненко О.Н., Гасик М.И., Поляков О.И. – Днепропетровск: Национальная металлургическая академия Украины. 2011. – 100 с.
5. Величко А.Г. Теоретические основы процессов и технологии среднеуглеродистого ферромарганца: монография /А.Г.Величко, Ду Юньшен, М.И.Гасик – Днепропетровск: Национальная металлургическая академия Украины, 2016. – 259 с.
6. Ji Peng, Харламов Ю.Е. Sinosteel Jemeco – инновации в ферросплавной промышленности. Международная научно-техническая конференция УкрФА «Ключевые аспекты развития электрометаллургической отрасли». - Материалы конференции. Выпуск 5. Киев. – 2014. – С. 84-100.